

# UTILIZAREA IMPEDANȚELOR NEGATIVE ÎN TELECOMUNICAȚII

Irina GUȚU, Sergiu CREȚU, Ion AVRAM

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** În lucrarea dată se studiază utilizarea impedanțelor negative în telecomunicații. Inițial se definește noțiunea de linie de comunicații, se analizează schema echivalentă a unei linii de comunicații și se stabilesc parametrii electrici ai acesteia. Se analizează influența elementelor parazitare sub formă de rezistență activă și capacitate activă, și se propun metode de compensare a acestora în cadrul liniei de comunicații, prin introducerea rezistenței și capacității negative.

**Cuvinte cheie:** linie de comunicații, parametri electrici, rezistență negativă, capacitate negativă, circuit electronic, simulare, compensare.

## 1 LINIA DE COMUNICAȚII ȘI PARAMETRII ACESTEIA. COMPENSAREA REZISTENȚEI ȘI CAPACITĂȚII ACTIVE

În telecomunicații majoritatea informației se transmite prin intermediul liniilor de comunicații.

Prin **linie de comunicații** se înțelege porțiunea din sistemul de comunicație, care urmează după modulator și care precede demodulatorul. Există 3 medii de transmisie:

- Circuite (linii) fizice independente;
- Canale radio (propagarea prin atmosfera);
- Fibra optica.

În continuare vom analiza mai detaliat liniile fizice electrice, mai concret cablurile metalice, despre parametrii acestui mediu de transmisie, precum și pierderile ce pot apărea în cadrul lui. În fig.1 este reprezentată schema echivalentă a unei linii de comunicații.

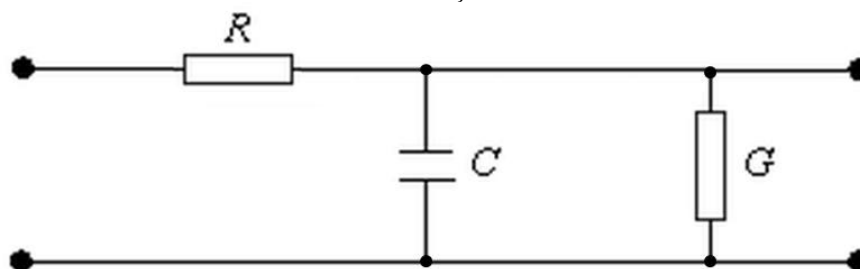


Fig.1 Schema echivalentă a liniei de comunicații

Un canal "ideal", din punct de vedere al transmiterii unui semnal electric, ar trebui să aibă o funcție de transfer liniară. În practică însă, nu se întâlnesc canale ideale. În Tabelul 1 sînt prezentați parametrii electrici ai unui canal real.

Tabelul 1. Parametrii electrici ai unui canal de comunicații

Parametrul electric	Unitatea de măsură	Linie aeriană	Linie torsadată
Capacitatea între conductoare, $C$	$\mu\text{F}/\text{km}$	0,01	0,1
Rezistența conductorului, $R$	$\Omega/\text{km}$	2...10	20...200
Conductanța între conductoare, $G$	$\Omega^{-1}/\text{km}$	$10^{-6}$	$10^{-4}...10^{-7}$
Inductanța	$\text{mH}/\text{km}$	2	1

Acești parametri duc la apariția de neliniarități, zgomote, atenuări și distorsiuni de fază, care pot uneori afecta definitiv forma semnalului. Pentru a îmbunătăți transmisiunea informației prin canalul de comunicație, influența acestor parametri trebuie compensată.

În continuare vom prezenta metode de compensare ale rezistenței active și capacității active.

Rezistența activă se compensează prin introducerea în serie în linia de transmisie a unei rezistențe negative, cum este prezentat în fig.2.

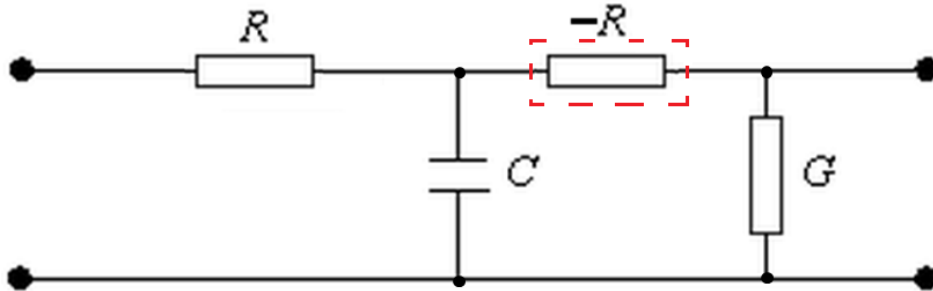


Fig. 2 Compensarea rezistenței active în linia de comunicații

Capacitatea activă se compensează prin introducerea în paralel în linia de transmisie a unei capacități negative, cum este prezentat în fig.3.

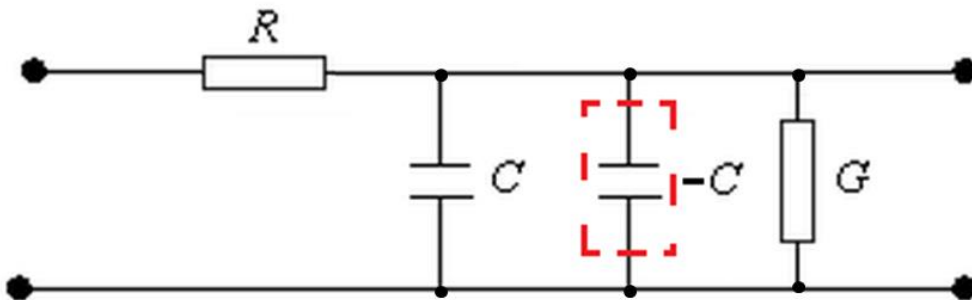


Fig.3 Compensarea capacității active în linia de comunicații

### Simularea rezistenței negative și a capacității negative

Deoarece rezistența negativă și capacitatea negativă nu există sub formă de elemente discrete, este necesară simularea lor cu ajutorul anumitor circuite electronice.

În cele ce urmează vom efectua simularea rezistenței negative și a capacității negative pe baza circuitului prezentat în figura 4.

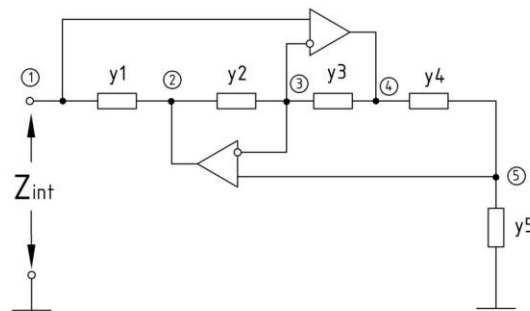


Fig. 4 Convertor de impedanțe negative

Formăm matricea de conductanță  $|Y|$  a circuitului electronic dat:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & y_{25} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} & y_{35} \\ y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & y_{45} \\ y_{51} & y_{52} & y_{53} & y_{54} & y_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 & -y_3 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Calculăm impedanța de intrare a circuitului prin formula:

$$Z_{int} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} \quad (2)$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 & -y_3 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{vmatrix} = 1 * (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 \\ 0 & -y_2 & -y_3 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{vmatrix} -$$

$$-1 * (-1)^{2+5} \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 & -y_3 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -y_4 \end{vmatrix} = 1 * (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} -y_1 & 0 & 0 \\ -y_2 & -y_3 & 0 \\ 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{vmatrix} -$$

$$-y_4 * (-1)^{4+4} \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} = y_1 y_3 (y_4 + y_5) + y_1 y_2 y_4 - y_1 y_4 (y_2 + y_3) =$$

$$= y_1 y_3 y_4 + y_1 y_3 y_5 + y_1 y_2 y_4 - y_1 y_2 y_4 - y_1 y_3 y_4 = y_1 y_3 y_5 \quad (3)$$

$$\Delta_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 \\ -y_2 & y_2 + y_3 & -y_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{vmatrix} = 1 * (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 \\ -y_2 & -y_3 & 0 \\ 0 & -y_4 & y_4 + y_5 \end{vmatrix} = y_2 y_4 \quad (4)$$

În final obținem impedanța de intrare a circuitului electronic analizat sub următoarea formă:

$$Z_{int} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = \frac{y_2 y_4}{y_1 y_3 y_5} \quad (5)$$

Dacă în circuitul din figura 4 înlocuim elementele  $y_2, y_4, y_5$  prin rezistoare și  $y_1, y_3$  - prin condensatoare, se obține circuitul electronic prezentat în figura 5:

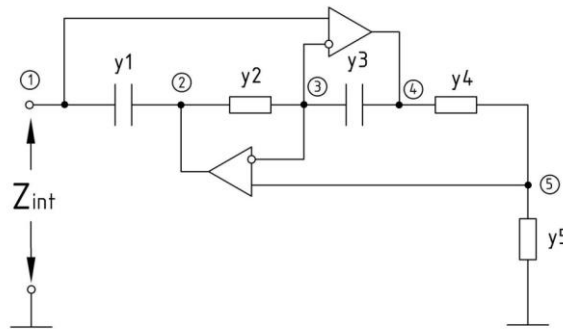


Fig. 5 Circuitul de simulare a rezistenței negative

Impedanța de intrare pentru circuitul din fig.5 se calculează în felul următor:

$$Z_{int} = \frac{y_2 y_4}{y_1 y_3 y_5} = \frac{\frac{1}{R_2} * \frac{1}{R_4}}{p C_1 p C_5 \frac{1}{R_3}} = \frac{R_3}{p^2 C_1 C_5 R_2 R_4} = \frac{k}{p^2 C_1 C_5 R_2} = \frac{k}{j^2 \omega^2 C_1 C_5 R_2} = \frac{k}{-\omega^2 C_1 C_5 R_2} = k * RNDF =$$

$$= kD; \quad \frac{R_3}{R_4} = k; \quad (6)$$

RNDF – rezistență negativă dependentă de frecvență.

În figura 6 este prezentată schema echivalentă a impedanței de intrare pentru circuitul din figura 5. Se observă că aceasta reprezintă o rezistență negativă dependentă de frecvență, care în circuitele electronice se notează prin elementul D.

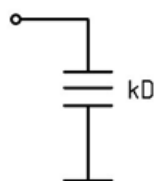


Fig. 6 Schema echivalentă a impedanței de intrare

Graficul funcției  $Z_{int} = f(\omega)$  pentru circuitul analizat are următoarea formă:

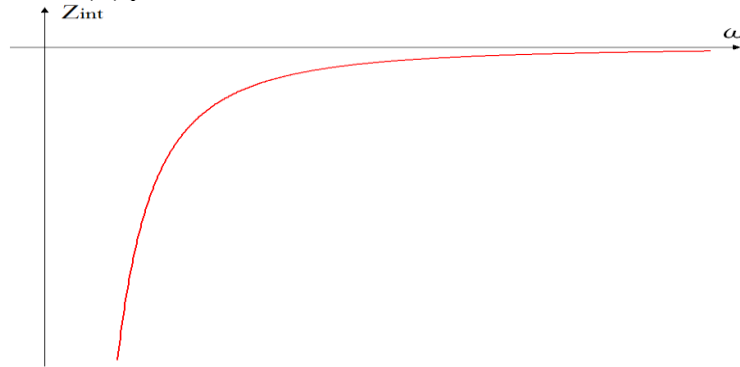


Fig. 7 Graficul funcției  $Z_{int} = f(\omega)$

Dacă în circuitul din figura 4 înlocuim elementele  $y_2, y_4$  prin rezistoare și  $y_1, y_3, y_5$  - prin condensatoare, se obține circuitul electronic prezentat în figura 8:

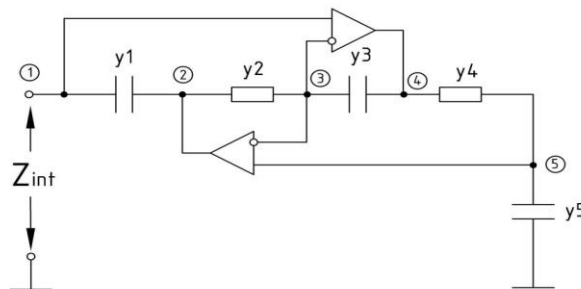


Fig. 8 Circuitul de simulare a capacității negative

Impedanța de intrare pentru circuitul din figura 8 se calculează în felul următor:

$$Z_{int} = \frac{y_2 y_4}{y_1 y_3 y_5} = \frac{\frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_4}}{p C_1 p C_3 p C_5} = \frac{1}{p^3 C_1 C_3 C_5 R_2 R_4} = \frac{1}{j^3 \omega^3 C_1 C_3 C_5 R_2 R_4} = \frac{1}{-j \omega^3 C_1 C_3 C_5 R_2 R_4} = -\frac{1}{k C_1};$$

$$k = j \omega^3 C_3 C_5 R_2 R_4 \quad (7)$$

În figura 9 este prezentată schema echivalentă a impedanței de intrare pentru circuitul din figura 6. Se observă că aceasta reprezintă o capacitate negativă.

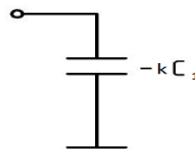


Fig. 9 Schema echivalentă a impedanței de intrare

## BIBLIOGRAFIE

1. <http://www.rasfoiesc.com/educatie/fizica/Caracteristicile-canalilor-de-38.php>
2. [http://en.wikipedia.org/wiki/Negative\\_impedance\\_converter](http://en.wikipedia.org/wiki/Negative_impedance_converter)
3. <http://www.google.nl/patents/US4158787?hl=nl>
4. Avram Ion. Analiza circuitelor electronice. Curs.